



## АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ЕТАЛОННОЇ БАЗИ УКРАЇНИ ТА УЧАСТІ УКРАЇНИ У КЛЮЧОВИХ І ДОДАТКОВИХ ЗВІРЕННЯХ НАЦІОНАЛЬНИХ ЕТАЛОНІВ

**П.І. Неєжмаков**, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, генеральний директор ННЦ "Інститут метрології", м. Харків

**Ю.Ю. Буняєва**, начальник лабораторії ННЦ "Інститут метрології", м. Харків



П.І. Неєжмаков



Ю.Ю. Буняєва

*Наведено результати аналізу існуючої структури еталонної бази України та порівняльний аналіз участі України і деяких країн Європи у ключових та додаткових звіреннях національних еталонів. Розглянуто кількісний розподіл державних первинних та вторинних еталонів і ключових та додаткових звірень за видами вимірювань та національними метрологічними інститутами України. Наведено ілюстративні матеріали щодо кількості звірень з бази даних Міжнародного бюро мір та ваг.*

*The results of the analysis of the existing structure of the measurement standards base of Ukraine and comparative analysis of the participation of Ukraine and some European countries in key and supplementary comparisons of the national measurement standards are given. The quantitative distribution of the national primary and secondary measurement standards as well as of the key and supplementary comparisons by types of measurements and national metrological institutes of Ukraine is considered. The illustrated materials on the quantity of comparisons from the database of the International Bureau of Weights and Measures are given.*

### Аналіз структури еталонної бази України

Еталонну базу України утворюють державні еталони одиниць величин. Її структуру слід розглядати з урахуванням класифікаційних ознак еталонів, які поділяються:

- за видом відтворюваності та / або збереженої одиниці: на еталони основних одиниць та еталони похідних одиниць Міжнародної системи одиниць (SI);

- за точністю та підпорядкованістю: на первинні, вторинні та розрядні робочі еталони;

- за метрологічним призначенням: на первинні еталони, робочі еталони, зразки копії та еталони порівняння;

- за метрологічною галуззю: еталони у галузі вимірювань геометричних величин, еталони у галузі вимірювання механічних величин і т. ін.;

- за величиною, одиницю якої відтворюють або зберігають еталони: еталони одиниці довжини, еталони одиниці маси, еталони одиниці тиску і т. ін.

Очолує еталонну базу України система державних первинних еталонів (ДПЕ), які відтворюють одиниці з найвищою точністю та передають їх підпорядкованим еталонам та засобам вимірювань, що застосовуються у різних галузях економіки, соціальної сфери та оборонному комплексі країни. Наразі еталонна база України нараховує 69 ДПЕ та 71 вторинний еталон (ВЕ).

Основа еталонної бази України становлять ДПЕ основних одиниць системи SI: метра, кілограма, ампера, секунди, кельвіна та кандели, які є фундаментом для відтворення похідних одиниць системи SI.

Еталонна база України охоплює всі види вимірювань. Кількісний розподіл ДПЕ та ВЕ за видами вимірювань наведено на рис. 1.

Як бачимо з рис. 1, найбільша кількість як ДПЕ, так і ВЕ припадає на вимірювання в галузі електричних та магнітних величин і маси та пов'язаних з нею величин. Значно менша кількість еталонів знаходиться в таких галузях, як акустика, ультразвук та вібрація, час та частота.

Результати проведеного аналізу показують, що існуюча на сьогодні структура еталонної бази України у цілому є досить раціональною для вирішення численних та різноманітних завдань забезпечення єдності вимірювань. Разом із тим очевидно, що ця структура не повинна бути застиглою, вона повинна динамічно розвиватися та змінюватися під нові перспективні вимірювальні завдання, що вимагають відповідного метрологічного забезпечення.

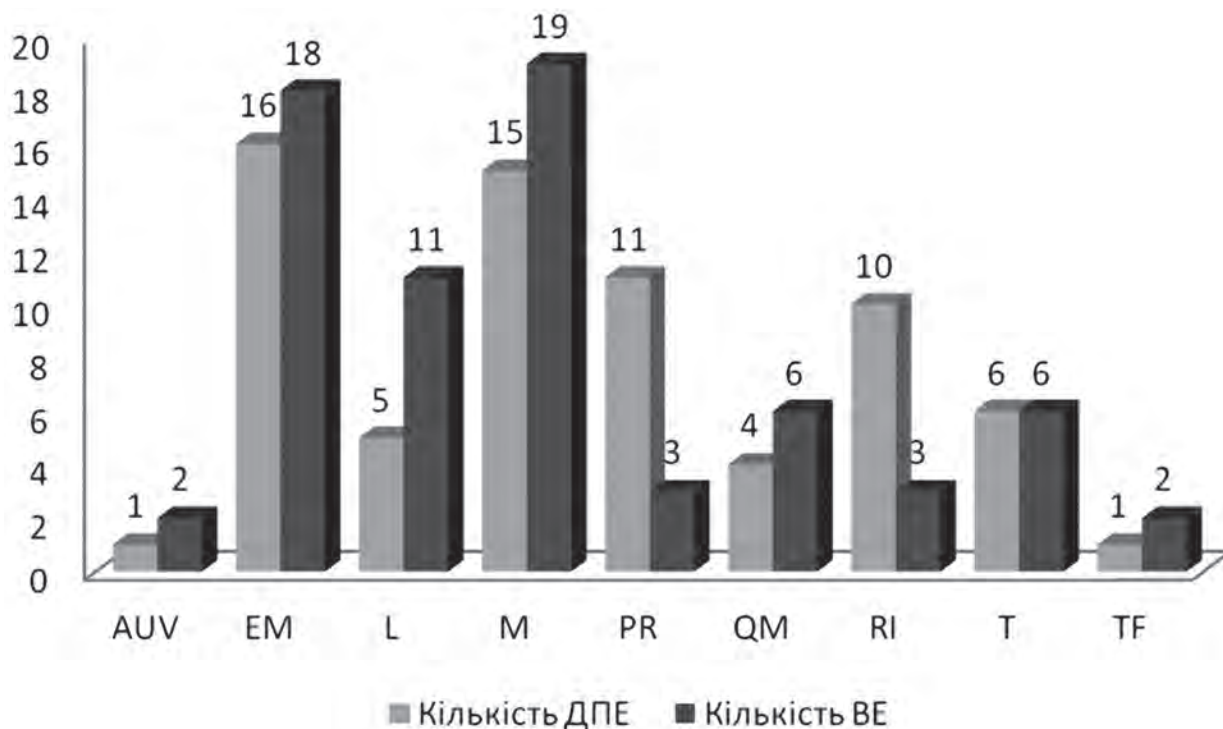


Рис. 1. Розподіл ДПЕ за видами вимірювань: AUV – акустика, ультразвук та вібрація; EM – електрика та магнетизм; L – довжина та кут; M – маса та пов'язані з нею одиниці; PR – фотометрія та радіометрія; QM – фізикохімія; RI – іонізуючі випромінювання; T – температура та теплофізика; TF – час та частота

#### Аналіз участі України у ключових та додаткових звіреннях національних еталонів

Потреба в достовірних, точних і порівнюваних результатах вимірювань та випробувань у промисловому виробництві, торгівлі та суспільстві стрімко зростає. Метрична конвенція встановила основу для світової системи порівнюваних вимірювань, простежуваності до міжнародних еталонів.

Створення в Україні досконалої державної метрологічної системи, розв'язання проблеми підвищення технічного рівня, якості та надійності вітчизняної продукції, забезпечення її конкурентоспроможності неможливе без визнання на міжнародному рівні державних первинних еталонів, важливим аспектом якого є проведення міжнародних звірень державних еталонів у межах “Угоди про взаємне визнання національних еталонів і сертифікатів калібрування та вимірювань, що видаються національними метрологічними інститутами” (CIPM MRA).

Технічною базою Угоди CIPM MRA є сукупність результатів, отриманих під час ключових звірень, що порівнюють роботу країн-учасників. Ці звірення проводяться Консультативними комітетами (КК) Міжнародного комітету мір та ваг (CIPM), Міжнародного бюро мір та ваг (BIPM) і регіональними метрологічними організаціями (РМО), публікуються BIPM і зберігаються в базі даних ключових звірень (KCDB).

Національний метрологічний інститут, що бере участь у звіреннях і публікує калібрувальні та ви-

мірювальні можливості у KCDB, має два шляхи для встановлення своїх маршрутів простежуваності до одиниць Міжнародної системи SI:

- через первинну реалізацію відповідної одиниці вимірювання за допомогою національного еталона, коли простежуваність заявляється до власної доказової реалізації одиниці SI;
- через звірення з еталонами національних метрологічних інститутів (НМІ) інших країн, що мають опубліковані в KCDB калібрувальні та вимірювальні можливості (СМС).

Ключові звірення (КЗ), що проводяться Консультативними комітетами або BIPM, називаються ключовими звіреннями CIPM; ключові звірення, що проводяться регіональними метрологічними організаціями, називаються ключовими звіреннями РМО; ключові звірення РМО мають бути пов'язані з відповідними ключовими звіреннями CIPM за допомогою спільних учасників.

Додаткові звірення (СЗ) – це звірення, що проводяться з метою задоволення певних потреб, які оминаються ключовими звіреннями, а також звірення з метою підтвердження довіри до калібрувальних і вимірювальних можливостей [1].

Станом на 1 вересня 2015 р. в KCDB зареєстровано 1348 звірень, з них 915 ключових (89 – BIPM, 447 – КК, 3 – AFRIMETS, 128 – APMP, 43 – COOMET, 149 – EURAMET, 56 – SIM) та 433 додаткових (1 – BIPM, 27 – КК, 14 – AFRIMETS, 85 – APMP, 69 – COOMET, 162 – EURAMET, 75 – SIM) [2].

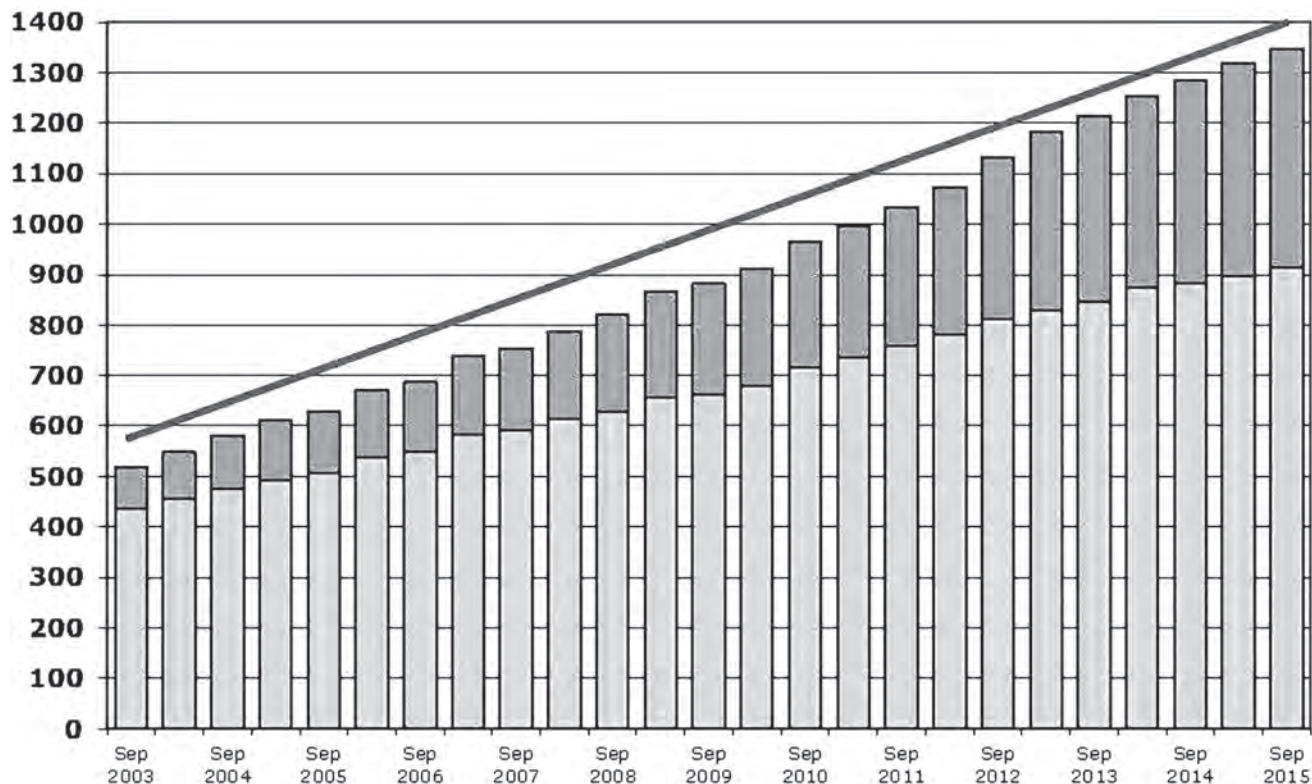


Рис. 2. Загальна кількість ключових та додаткових звірень, зареєстрованих у KCDB з вересня 2003 р. по вересень 2015 р.:  
 ■ – ключові звірення; ■ – додаткові звірення

Загальна кількість ключових та додаткових звірень, починаючи з вересня 2003 р. (рис. 2), постійно зростає.

Розподіл ДПЕ та ключових і додаткових звірень за видами вимірювань між науковими метрологічними центрами (НМЦ) України наведено в таблиці.

Розподіл ДПЕ, КС та SC за видами вимірювань між НМЦ України

		Загалом	AUV	EM	L	M	PR	QM	RI	T	TF
Україна	ДПЕ	69	1	16	5	14	11	4	10	6	1
	КС	44	7	4	2	8	2	15	–	5	1
	SC	51	2	14	10	12	5	3	4	1	
ННЦ “Інститут метрології”	ДПЕ	52	–	9	4	12	10	–	10	6	1
	КС	16	–	1	1	6	2	–	–	5	1
	SC	24	–	2	10	5	2	–	4	1	–
ДП “Укрметртестстандарт”	ДПЕ	15	–	7	1	2	1	4	–	–	–
	КС	21	1	3	1	1	–	15	–	–	–
	SC	22	–	12	–	4	3	3	–	–	–
ДП НДІ “Система”	ДПЕ	1	1	–	–	–	–	–	–	–	–
	КС	6	6	–	–	–	–	–	–	–	–
	SC	2	2	–	–	–	–	–	–	–	–
ДП “Івано-Франківськстандарт-метрологія”	ДПЕ	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–
	КС	1	–	–	–	1	–	–	–	–	–
	SC	3	–	–	–	3	–	–	–	–	–

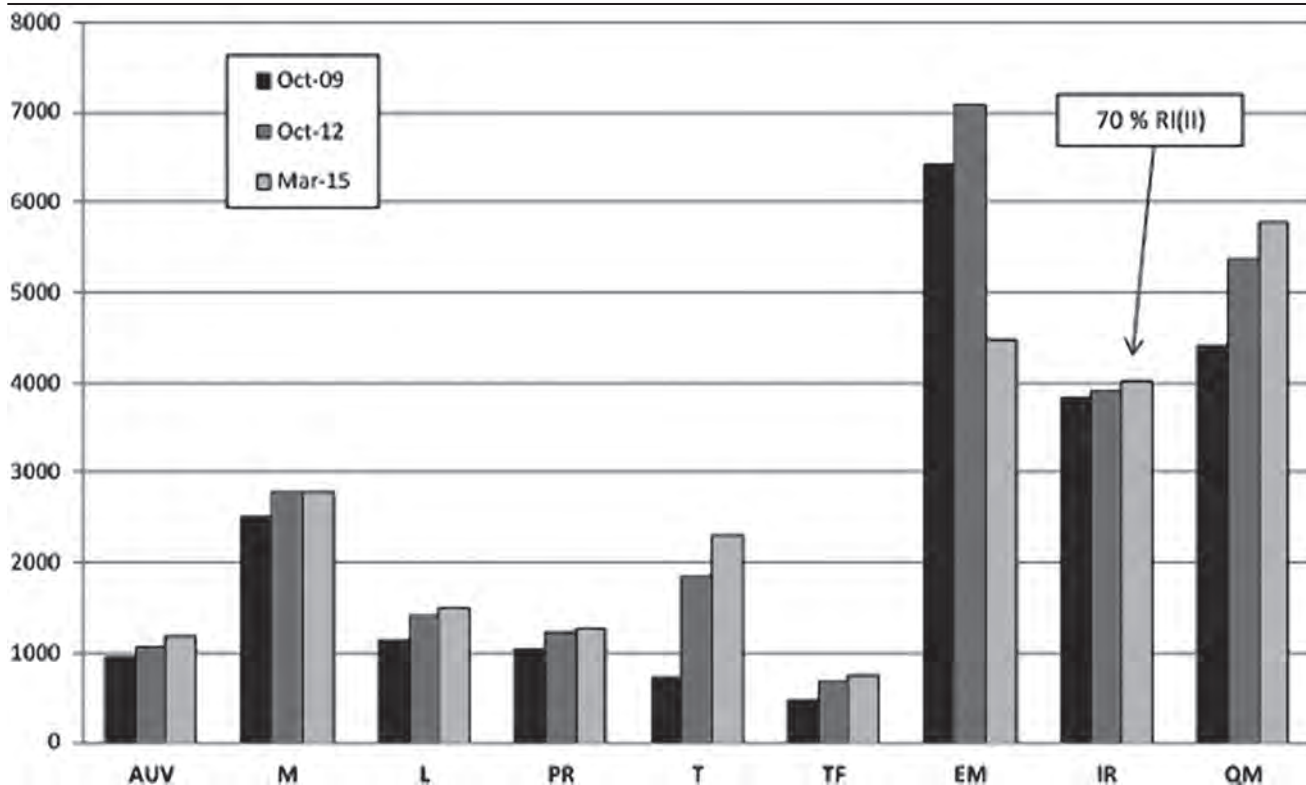


Рис. 3. Кількість СМС за видами вимірювань та за роками

Останнім часом Угода СІРМ МРА набула значного поширення. Сьогодні 72 країни та міжнародні організації мають принаймні один рядок, опублікований в КСДВ, із загальної кількості у 24067 СМС. 59 % із цієї кількості припадає на СМС у галузі хімії, іонізуючого випромінювання і електрики та магнетизму. Однак СМС із хімічних вимірювань зосереджено у меншій кількості НМІ, ніж СМС із фізичних (тільки 13 країн мають понад 100 СМС із хімії порівняно з 49 країнами, що мають 100 або більше СМС із фізичних вимірювань). Найбільше зростання кількості

СМС відбувається в хімії та термометрії (рис. 3), а значне їх зниження в галузі електрики та магнетизму відбулося за рахунок використання матриць невизначеностей.

Середній темп зростання кількості СМС, за винятком електрики та магнетизму, становить близько 900 СМС на рік. У середньому на кожне КС публікуються 26 СМС, але в галузі маси та пов'язаних з нею величин – удвічі менший показник.

Усі країни-підписанти Угоди СІРМ МРА, що беруть участь у звіреннях національних еталонів,

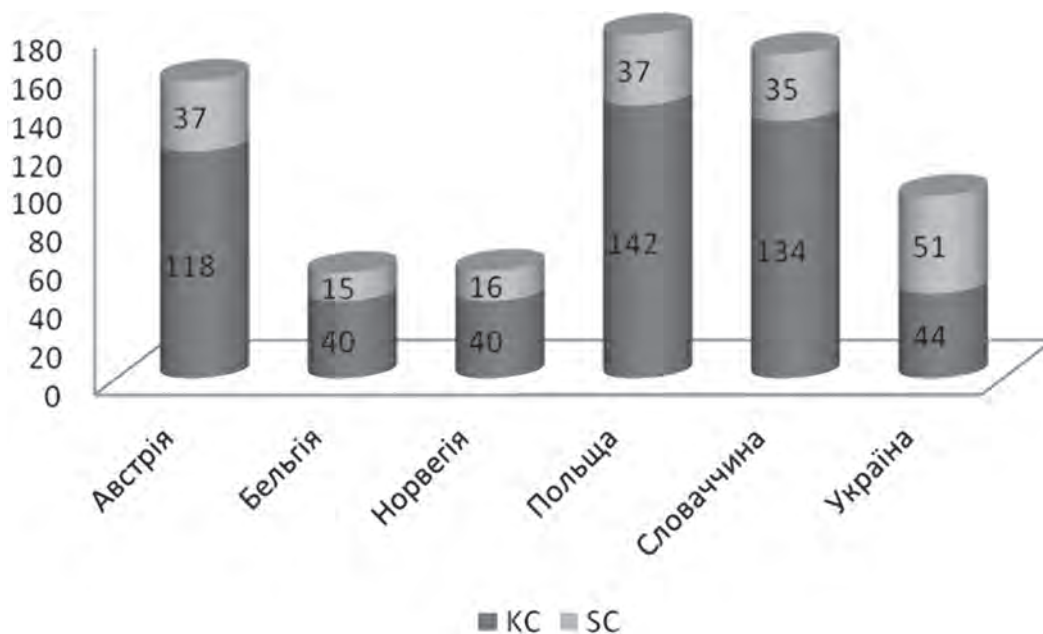


Рис. 4. Загальна кількість КС та СС України та деяких країн Європи



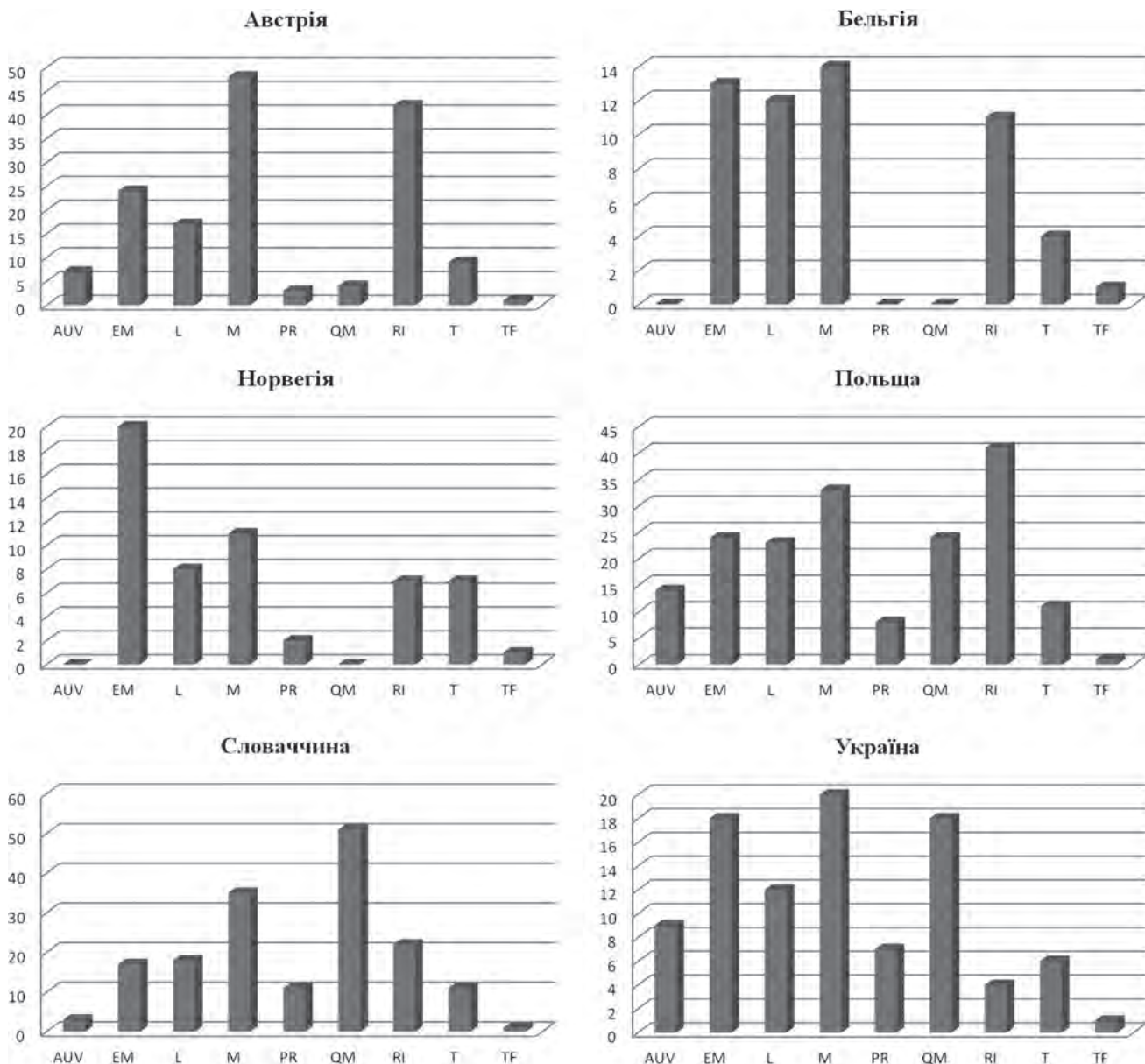


Рис. 5. Розподіл звірень України та деяких країн Європи за галузями вимірювань

можна розподілити на три групи: країни-лідери з дуже розвинутою метрологічною інфраструктурою та високою активністю участі у звіреннях; країни середнього рівня розвитку та активності; країни з найменшою кількістю звірень, які нещодавно підписали Угоду СІРМ МРА або знаходяться на етапі розвитку метрологічної діяльності.

Для проведення порівняльного аналізу участі України у ключових та додаткових звіреннях для прикладу було обрано країни Європи середнього рівня активності участі у звіреннях: Австрію, Бельгію, Норвегію, Польщу та Словаччину. Загальну кількість ключових та додаткових звірень для цих країн наведено на рис. 4 [3].

Розподіл усіх звірень за галузями вимірювань для вказаних країн наведено на рис. 5.

З аналізу бачимо, що Україна займає впевнену середню позицію серед розвинутих країн Європи, незважаючи на те, що вона має статус асоційова-

ного члена в СГРМ (Генеральна конференція з міра та ваг) та не є членом ЄС.

Звернемо увагу, що серед усіх країн з асоційованим членством в СГРМ Україна займає позицію одного з лідерів (рис. 6).

Дуже важливим фактором активності в рамках Угоди СІРМ МРА є відношення кількості звірень, що пілтуються НМІ країни, до загальної кількості звірень, в яких взято участь. За цим показником (рис. 7) Україна знаходиться в десятці найактивніших країн.

На рис. 8 наведено розподіл між 23-ма активними учасниками ключових звірень, починаючи з 1999 р.

Ще дуже важливим показником є кількість опублікованих СМС відносно до кількості ключових звірень, в яких взято участь НМІ країни. За цим показником Україна перевищує середній показник 3,3.

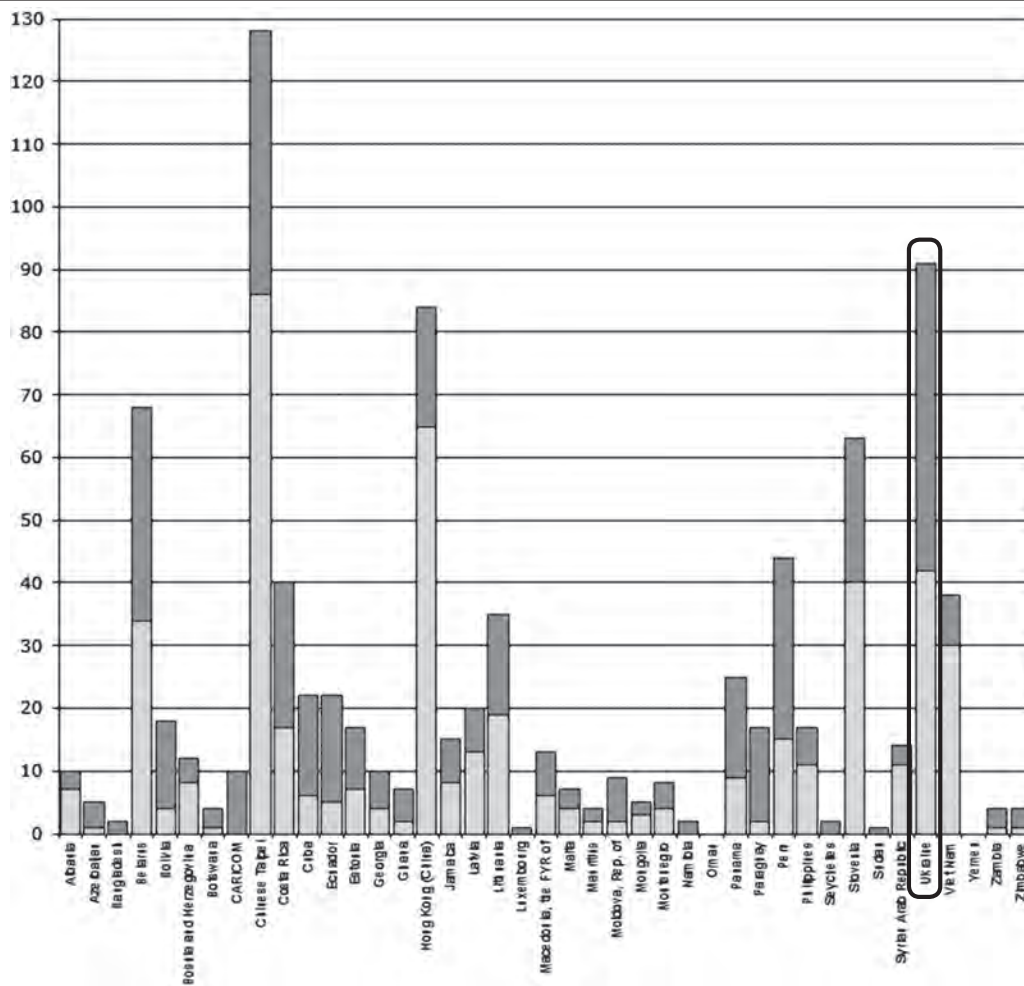


Рис. 6. Участь країн-асоційованих членів CGPM у ключових та додаткових звіреннях:  
 ■ – ключові звірення; ■ – додаткові звірення

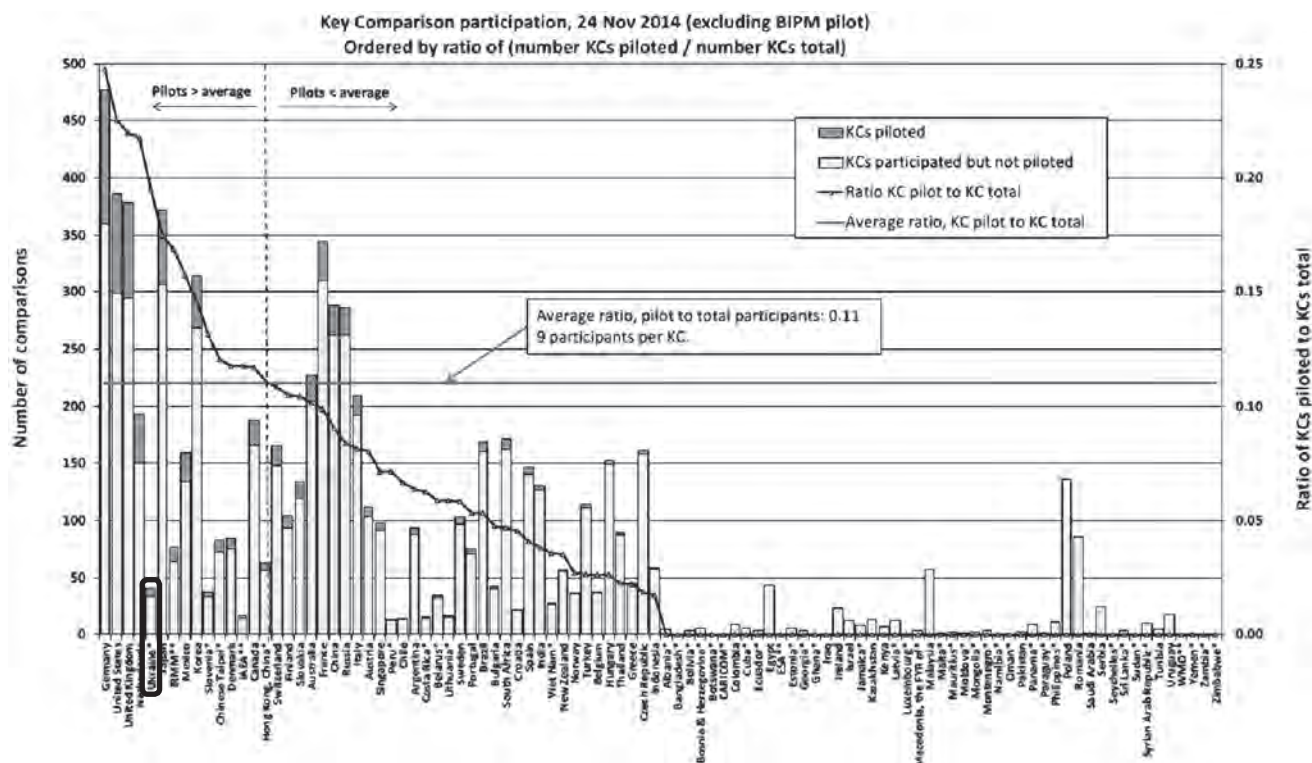


Рис. 7. Участь у ключових звіреннях, упорядкована за відношенням кількості КС, що пілтуються НМІ, до загальної кількості КС: ■ – КС, що пілтуються НМІ; ■ – КС, у яких беруть участь, але не пілтують; ◆ – відношення КС, що пілтуються, до загальної кількості КС НМІ; — – середнє відношення КС, що пілтуються, до загальної кількості КС НМІ

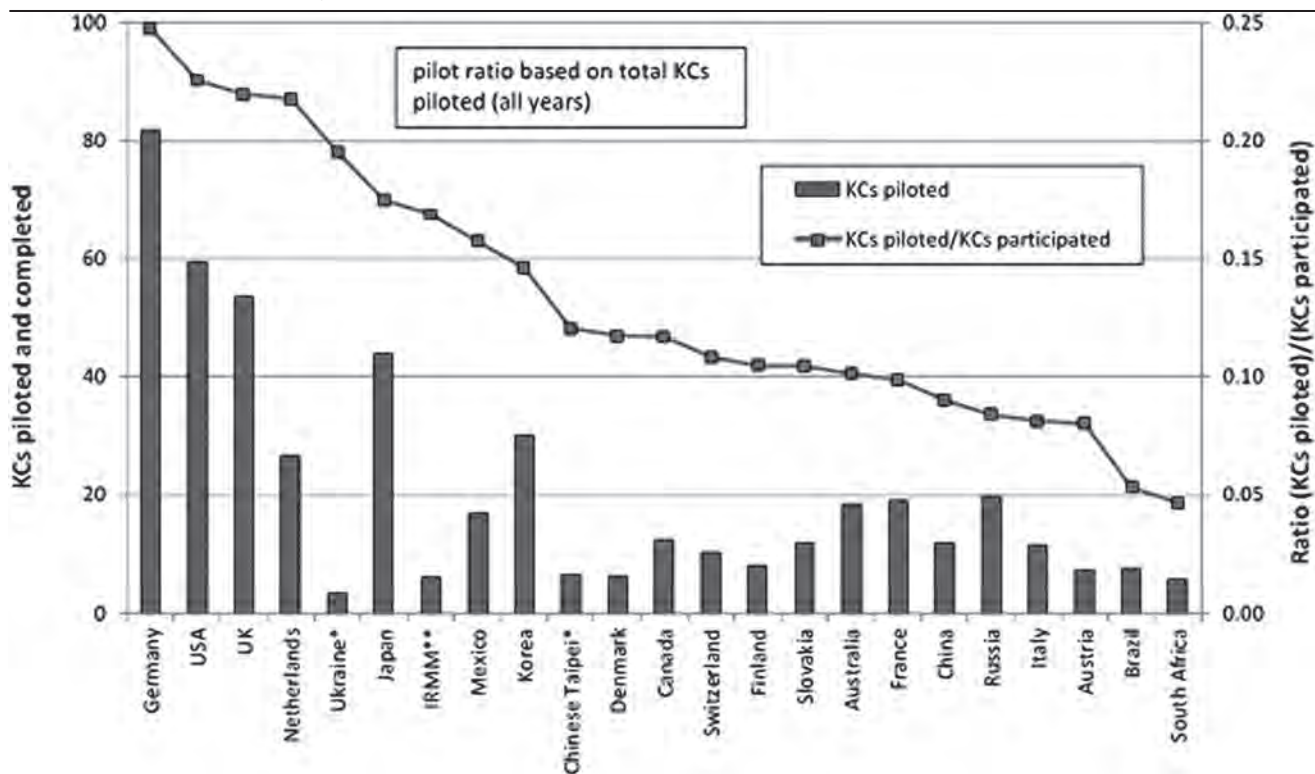


Рис. 8. Розподіл кількості КС, що пілтуються НМІ, з 1999 по 2015 р.:

■ – КС, що пілтуються НМІ; —□— – відношення КС, що пілтуються, до загальної кількості КС НМІ

Результати проведеного аналізу участі України у ключових та додаткових звіреннях показують, що відставання України за кількістю звірень від країн-лідерів є основною перешкодою до нарощування власних СМС, визнаних міжнародною метрологічною спільнотою. Як зазначалося вище, без участі країни у звіреннях національних еталонів неможливо претендувати на включення своїх СМС у базу даних VIPM.

Важливими віхами на шляху подолання цього відставання є:

- підписання Метричної конвенції, що дасть можливість брати безпосередню участь у ключових звіреннях Консультативних комітетів;
- створення та вдосконалення державних первинних еталонів, які за своїми метрологічними ха-

рактеристиками відповідатимуть еталонам розвинених країн.

#### Список літератури

1. Неєжмаков П.І. Калібрувальні та вимірвальні можливості національних метрологічних інститутів: визначення та процедури JCRB і COOMET з проведення експертизи / П.І. Неєжмаков // Український метрологічний журнал. – 2010. – № 2. – С. 48–53.
2. KCDB Report [Electronic resource]. – Режим доступу: <http://www.bipm.org/jsp/en/ViewKCDBReport.jsp>.
3. The BIPM key comparison database [Electronic resource]. – Режим доступу: <http://kcdb.bipm.org>.